

(124) 実用特殊鋼の炭化物の電解分離による研究 (V)

—高C-高Cr-Wダイス鋼の炭化物について—  
Study on Carbides in Practical Special Steels by Electrolytic Isolation (V)

(On Carbides in High C-High Cr-W Die Steel)

Tomo-o Sato, Dr. Eng.; et alii.

東北大学工学部 教授 工博○佐藤 知雄  
〃 金属工学科 工 西沢泰二・工 村井弘佑

I. 緒言

前報において、冷間線引あるいは打抜型として最も広く使用されている高C高Crダイス鋼 (SKD1) の炭化物につき報告した。本報においては、高C高Cr鋼に約3%のWを添加したSKD2鋼の炭化物を電解分離法によつて研究し、Wの添加によつて高C高Crダイス鋼の炭化物の結晶型、ならびに組成等がいかなる影響を受けるかを実験した結果につき報告する。

実験試料としたSKD2鋼、ならびに比較検討の基準としたSKD1鋼の化学組成はTable 1に示すごとくである。

Table 1. Chemical composition of tungsten and non-tungsten high C-high Cr die steels

	C	Si	Mn	P	S	Cr	W	Ni
SKD2	1.91	0.31	0.35	0.021	0.024	14.27	2.77	0.12
SKD1	2.25	0.44	0.50	0.015	0.020	12.03	—	0.13

II. 実験結果ならびに考察

(1) 焼鈍組織中の炭化物

Table 2は試片を800°Cに5時間加熱後徐冷することによつて得られた焼鈍組織中の炭化物の存在量とそのC, Cr, W濃度ならびに結晶型を示す。

Table 2. Carbides in annealed steel

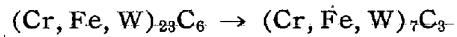
	Carbide Amount wt %	C	Cr	W	Xray pattern
SKD2	30.3	6.3	43.0	7.4	(Cr, Fe, W) <sub>23</sub> C <sub>6</sub> + (Cr, Fe, W) <sub>7</sub> C <sub>3</sub>
SKD1	25.8	8.7	43.0	—	(Cr, Fe) <sub>7</sub> C <sub>3</sub>

炭化物のCr濃度はSKD1, SKD2ともに43%であるが、炭化物の結晶型はWの添加によつて変化し、SKD1においては(Cr, Fe)<sub>7</sub>C<sub>3</sub>のみであるのに対して、SKD2においては約25%の(Cr, Fe, W)<sub>23</sub>C<sub>6</sub>と約5%の(Cr, Fe, W)<sub>7</sub>C<sub>3</sub>計約30%の炭化物が存在する。

(2) 焼入組織中の炭化物

試片を800~1050°Cの各温度に1h加熱後水焼入し

た組織中の炭化物の存在量と、そのCrならびにW濃度はFig. 1のごとくである。焼入温度が950°C以下においては、オーステナイトに対する未溶解炭化物の組成は焼鈍組織中の炭化物のそれと殆ど同一であるが、1000°C以上においてはCr濃度が増加し、W濃度が減少している。これは、(Cr, Fe, W)<sub>23</sub>C<sub>6</sub>が(Cr, Fe, W)<sub>7</sub>C<sub>3</sub>よりもオーステナイトに溶解し易く、同時に高温においては加熱に際しつぎの如き炭化物反応



が進行するためであつて、Fig. 1の上図は未溶解炭化物のX線回折強度より推算した各炭化物の存在量を示したものである。

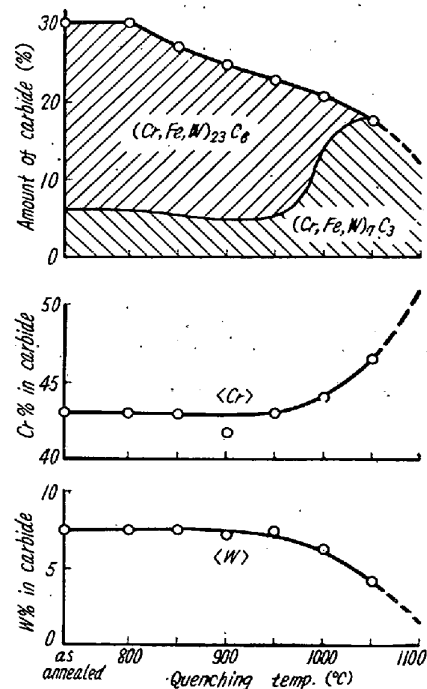


Fig. 1. Amount of carbide in quenched steels and Cr, W concentrations in it.

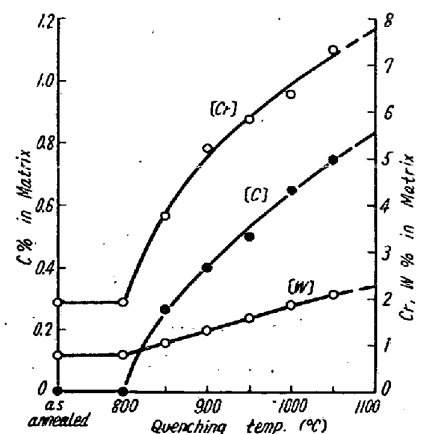


Fig. 2. C, Cr and W concentrations of matrix in quenched steel.

## (3) 焼入組織中の基質の組成

上述した焼入組織中の炭化物の存在量ならびに化学組成より、焼入組織中の基質（マルテンサイト+オーステナイト）の組成を計算した結果は Fig. 2 のごとくである。焼鈍状態における基質（フェライト）の組成は 1.9% Cr, 0.8% W であるが、焼入温度の上昇とともに炭化物が基質中に溶解し、1000° の焼入における基質の組成は約 0.6% C, 6.5% Cr, 1.9% W である。

## (4) 焼戻によつて析出する炭化物

焼戻に際して基質中に析出する炭化物を研究するために、前報におけると同様、本ダイス鋼の焼入基質と同一の組成を有する基地鋼を熔製して実験試料とした。

Table 3 は基地鋼の化学組成であつて、1000° における本ダイス鋼の基質と類似した組成を有している。

Table 3. Chemical composition of matrix steel, which is similar to the matrix of the die steel at 1000°C.

C	Si	Mn	P	S	Cr	W
0.60	0.19	0.59	0.026	0.021	6.46	1.97

焼戻に際して析出する炭化物の組成は焼戻温度あるいは焼戻時間に依存しており、焼戻の進行とともに Cr ならびに W 濃度の増加することは前報までに報告したと同様である。

## III. 総 括

高 C 高 Cr ダイス鋼に W を添加した SKD2 鋼 (1.91% C, 14.27% Cr, 2.77% W) の炭化物を電解分離法によつて研究しつぎの結果をえた。

(1) 本鋼の焼鈍組織中には約 25 重量 % の  $(Cr, Fe, W)_{23}C_6$  と約 5% の  $(Cr, Fe, W)_7C_3$ 、計約 30% の炭化物が存在する。

(2) 焼入温度に加熱すると炭化物はオーステナイトに溶解するが、 $(Cr, Fe, W)_7C_3$  よりも  $(Cr, Fe, W)_{23}C_6$  の方が溶解し易く、同時に加熱に際し  $(Cr, Fe, W)_{23}C_6 \rightarrow (Cr, Fe, W)_7C_3$  なる炭化物反応が進行するによつて、1050°C の焼入においては未溶解炭化物がすべて  $(Cr, Fe, W)_7C_3$  であつた。

(3) 本鋼の 1000°C における基質の組成は 0.6% C, 6.5% Cr, 1.9% W である。よつて、これとほぼ同一の組成を有する基地鋼を熔製し、この基地鋼について焼戻実験を行い、焼戻に際して析出する炭化物の挙動を考察した。  
(文献省略)

## (125) 実用特殊鋼の炭化物の電解分離による研究 (VI)

—熱間ダイス鋼の炭化物について—

## Study on Carbides in Practical Special Steels by Electrolytic Isolation (VI)

(On Carbides in Hot Work Die Steel)

T. Nishizawa, et alii.

東北大学工学部 教授 工博 佐藤 知雄  
〃 金属工学科 工〇西沢泰二・工 村井弘佑

## I. 緒 言

本報においては熱間加工用ダイス鋼 (SKD4) の炭化物を電解分離法によつて研究した結果につき報告する。本鋼は特殊元素として W, Cr ならびに V を含有しておくために鋼中に存在する炭化物の種類も多く、また炭化物の挙動も極めて複雑多彩であるが、反面、鋼の高温強度耐磨耗性に対する炭化物の役割、あるいは鋼の焼戻硬化に際しての炭化物の析出に関する問題等を究明する上には好個の実験試料であるといひうる。なお、この種の鋼の炭化物についてはすでに K. Kuo による X 線の研究があるので、本研究においては主として熱処理による炭化物の化学組成の変化を追求した。

試料の組成は Table 1 に示すごとくである。

Table 1. Chemical composition of specimen.

C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	W	V
0.36	0.16	0.23	0.015	0.016	0.12	2.15	4.13	0.68

## II. 実験結果ならびに考察

## (1) 焼鈍組織中の炭化物

試片を 800°C にて 5h 焼鈍してえた組織中の炭化物量と炭化物の化学組成、ならびにこれより計算した地鉄の組成は Table 2 に示すごとくである。

Table 2. Metallographic analysis of carbide and ferrite in annealed steel.

Amount of carbide (wt%)	Composition of carbide				Composition of ferrite			
	C	W	Cr	V	C	W	Cr	V
7.88	4.53	7.91	10.7	7.6	—	1.2	1.4	0.1

焼鈍組織中の炭化物は  $M_6C$  (W を多量に含有する複炭化物),  $M_{23}C_6$  ( $Cr_{23}C_6$  を主体とした炭化物), ならびに  $MC$  ( $V_4C_3$  を主体とした炭化物) なる 3 種類の炭化物の混合したもので、それぞれの炭化物の存在する割合